



LEVYLÄMMÖNSIIRRINTEN LÄMPÖRIKKOPENKIN AUTOMATISOINTI

Insinöörityö

Rami Saari

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Hyväksytty _____.____._____

SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULU, VARKAUDEN YKSIKKÖ

Koulutusohjelma

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Tekijä

Rami Saari

Työn nimi

Levylämmönsiirrinten lämpörasituspenkin automatisointi

Työn laji

Insinöörityö

Päiväys

14.12.2010

Sivumäärä

35

Työn valvoja

Heikki Salkinoja

Yrityksen yhdyshenkilö

Yritys

Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö tehtiin Oy Danfoss LPM:lle yhteistyössä VYYT-hankkeen kanssa. Sen tavoitteena oli suunnitella levylämmönsiirrinten lämpörasituspenkin automatisointi.

Työ aloitettiin tutustumalla lämmönsiirtimiin ja automaation toteutusvaihtoehtoihin. Valittaessa käytettävää vaihtoehtoa, painotettiin hintaa, käytettävyyttä ja kokemusta eri valmistajien laitteista. Työssä päädyttiin käyttämään Siemensin 200-sarjan ohjelmoitavaa logiikkaa. Kun koko laitteisto oli valittu, suunniteltiin ohjelmoitavan logiikan vaatima ohjelma.

Opinnäytetyössä onnistuttiin suunnittelemaan lämpörasituspenkin automatisointi, mutta itse laitteistoa ei käytännössä toteutettu. Toteutuessaan automatisoitu lämpörasituspenkki olisi hyödyllinen työkalu tuotekehityksessä ja laaduntarkkailussa.

Avainsanat

Levylämmönsiirrin, ohjelmoitava logiikka, Siemens simatic

Luottamuksellisuus

SAVONIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, BUSINESS AND ENGINEERING,

Degree Programme

Automation Technology

Author

Rami Saari

Title of Project

Automation of testbench for plate heat exchangers

Type of Project

Date

Pages

Final Project

14.12.2010

35

Academic Supervisor

Company Supervisor

Company

Heikki Salkinoja

Abstract

This study was made for Oy Danfoss LPM in co-operation with VYYT-project. Its aim was to design an automation solution for a testbench for plate heat exchangers.

The study started by exploring the range of heat exchangers and possible automation solutions. When selecting the programmable logic, the emphasis was on the price, usability and on the experience over the different manufacturers' devices. In this study the selected programmable logic was from the Siemens S-200 series. After the selection of the entire hardware, the program for the programmable logic was designed.

The designing of the automation for the test bench was successful in this final project even though the actual installation of the hardware was never carried through. If accomplished, the automated testbench would be a useful tool in research and development of plate heat exchangers.

Keywords

Plate heat exchanger, programmable logic controller, Siemens simatic

Confidentiality

SISÄLLYS

1. JOHDANTO.....	3
2. DANFOSS.....	4
2.1 Oy Danfoss Ab	4
3. LÄMMÖNSIIRTIMET	6
3.1 Levylämmönsiirtimet.....	6
3.1.1 Juotetut levylämmönsiirtimet	7
3.2 Putkilämmönsiirtimet	9
4. AUTOMAATION TOTEUTUSTAVAT.....	12
4.1 Kokonaisautomaatiojärjestelmät.....	12
4.1.1 Kokonaisautomaatiojärjestelmän rakenne.....	13
4.2 PC-pohjaiset järjestelmät.....	14
4.3 Ohjelmoitavat logiikat	14
4.3.1 Ohjelmoitavat releet	15
4.3.2 Kompaktilogiikat.....	16
4.3.3 Järjestelmälogiikat	16
4.3.4 Ohjelmoitavan logiikan laitteisto	16
4.3.5 Logiikan ohjelmointi	19
4.3.6 Yhteenveto ohjelmoitavista logiikoista	22
5. JUOTETTU LEVYLÄMMÖNSIIRRIN	25
5.1 Toiminta.....	25
5.2 Valmistus ja rakenne	25
5.3 Vikaantumismekanismit	26
6. LÄMPÖRIKKOPENKIN AUTOMATISOINTI	27
6.2 Järjestelmän rakenne	27
6.2.1 Logiikka	27
6.2.2 Laitteisto	30
6.2.3 Mittaukset.....	31
6.2.4 Vuodon havaitseminen	32
6.3 Lämpörikkopenkin toiminta.....	33
7. POHDINTA	36
LÄHTEET.....	37

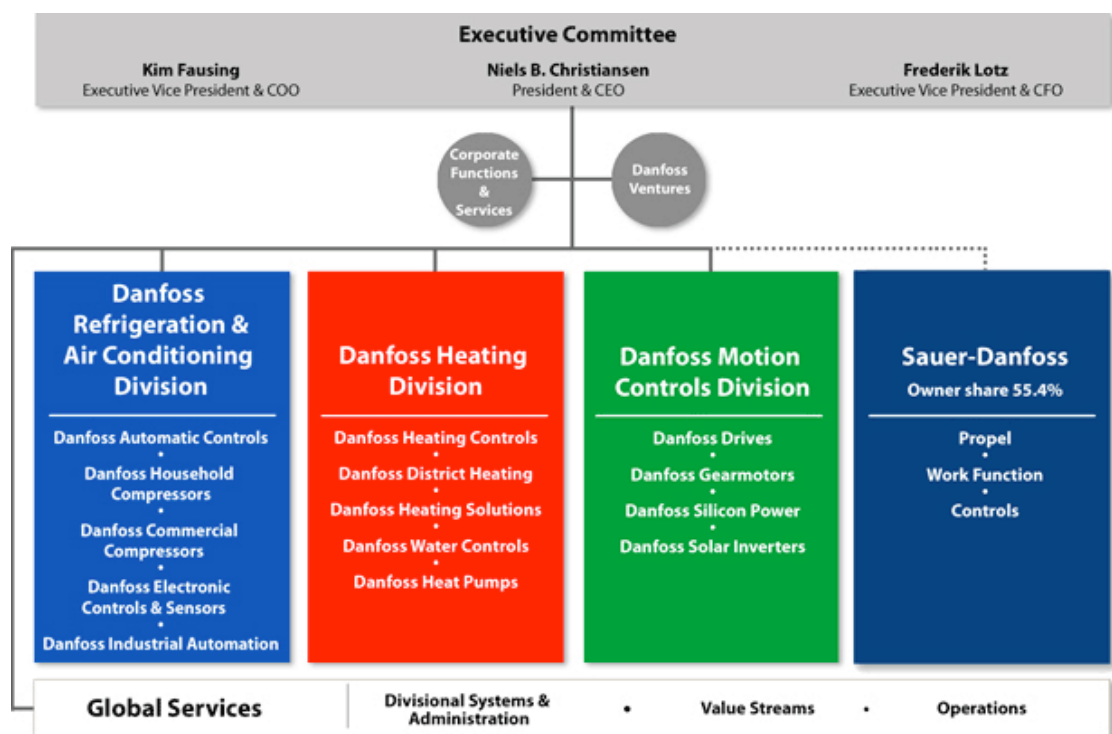
1. JOHDANTO

Tämän työn tavoitteena on suunnitella Danfoss LPM:lle automatisoitu kovajuotettujen levylämmönsiirrinten lämpörikkopenkki. Työ on osa EU-rahoitteista VYYT-hanketta, jonka tarkoitus on parantaa yritysten toimintaedellytyksiä ja kilpailukykyä korkeakouluja hyödyntäen. Työ tehdään pääasiallisesti Savonia-AMK:n Varkauden kampuksen tiloissa.

Lähtötilanteessa ei yrityksellä ole käytössä toimivaa lämpörikkopenkkiä. Työssä lämpörikkopenkkiin valitaan laitteisto, eli logiikka ja muut tarvittavat laitteet ja tarvikkeet sekä suunnitellaan järjestelmän toiminta. Lämpörikkopenkillä on valmistuttuaan tarkoitus testata lämmönsiirrinten kestävyyttä toistuvilla lämpötilanvaihdoksilla.

2. DANFOSS

Danfoss Group on tanskalainen yhtiö jolla on toimintaa ympäri maailmaa. Yhtiö on johtava toimija mekaanisten ja elektronisten komponenttien tuotannossa, tutkimuksessa, tuotekehityksessä ja myynnissä monella eri teollisuuden alalla. Danfossin kansainvälisen toiminnan voi jakaa kolmeen ryhmään: kylmäryhmä, lämpöryhmä ja liikkeenohjausryhmä. Lisäksi Danfoss omistaa enemmistön Sauer-Danfossin osakkeista, joka on maailman johtava liikkuvien hydraulijärjestelmien valmistaja. Kuvassa 1 on esitetty Danfossin organisaatio.



Kuva 1. Danfossin organisaatio

2.1 Oy Danfoss Ab

Danfoss on aloittanut toimintansa Suomessa vuonna 1959. Yhtiöllä on Suomessa 226 työntekijää. Tuotevalikoima koostuu kattavasta valikoimasta komponentteja kylmä- ja talotekniikka-alan sekä teollisuuden ja kunnallistekniikan tarpeisiin. Leppävirralla sijaitseva tuotantolaitos, Danfoss LPM valmistaa lämmönjakokeskuksia ja lämmönsiirtimiä. Klaukkalan

toimipiste hoitaa vaihdemoottoreiden myynnin, kokoonpanon ja huollon. Myyntikonttori sijaitsee Espoossa. (Danfoss)

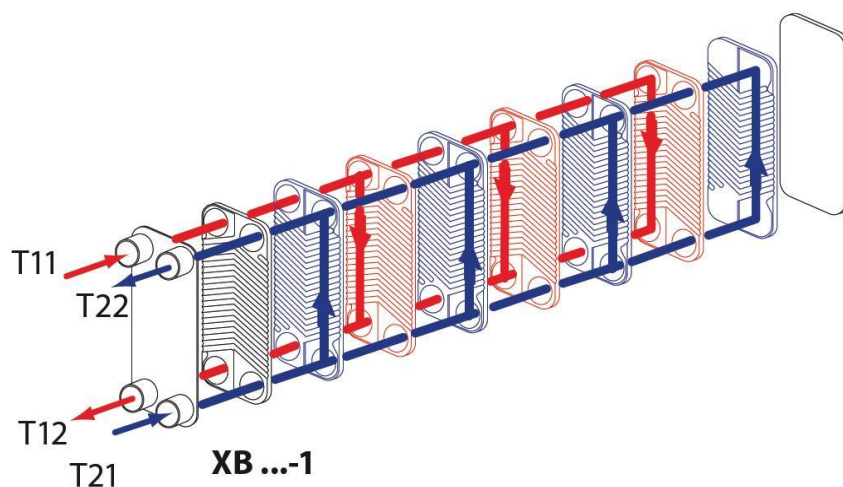
Oy Danfoss LPM on perustettu Leppävirralle vuonna 1970. Lämmönjakokeskusten tuotanto aloitettiin vuonna 1974 ja kovajuotettujen lämmönsiirrinten oma tuotanto vuonna 1992. LPM Group sulautui Oy Danfoss Ab:hen vuonna 2005. Leppävirran tehdas uusittiin kokonaan vuonna 2006. Danfoss LPM on alansa markkinajohtaja Suomessa yli 50% markkinaosuudella. (Danfoss)

3. LÄMMÖNSIIRTIMET

Lämmönsiirtimiä on saatavilla monenlaisiin tarpeisiin sopivina kokonaisuuksina. Vaikka tässä työssä on keskitytty levylämmönsiirtimiin, käsitellään työssä myös lyhyesti putkilämmönsiirtimiä ja niiden olennaisimmat erot levylämmönsiirtimiin verrattuna.

3.1 Levylämmönsiirtimet

Levylämmönsiirtimet muodostuvat aallotetuista levyistä jotka on liitetty toisiinsa tiivisteillä, juottamalla tai hitsaamalla. Levyjen päissä on virtauskanavat joiden kautta virtaavat nesteet pääsevät levyjen väliin. Kuuma ja kylmä neste virtaavat vuorottelevissa kanavissa ja lämpö siirtyy nesteestä toiseen levyjen läpi. Yleensä kuuma ja kylmä neste kulkevat vastakkaisiin suuntiin, mutta käytössä on myös levylämmönsiirtimiä, jossa nesteet kulkevat samansuuntaisesti. Levyjen väliset saumat, tiivisteet, juotokset tai hitsaukset estävät nesteiden pääsyn levyjen välistä toiseen. Levyt puristetaan mahdollisimman lähelle toisiaan jotta lämmönsiirtopinta-ala saataisiin mahdollisimman suureksi suhteessa lämmönsiirtimen kokoon. Kuvassa 2 on esitetty levylämmönsiirtimen tyypillinen virtausmalli.



Kuva 2. Levylämmönsiirtimen tyypillinen virtausmalli. Kuuma ja kylmä neste kulkevat vastakkaisiin suuntiin jolloin lämmönsiirtoteho on suurimmillaan. (Danfoss)

Levylämmönsiirtimen levyt on poimutettu lisäämään lämmönsiirtopinta-alaa ja virtaavan nesteen turbulenttisuutta. Aaltokuvion ansiosta virtaus voi muuttua turbulenttiseksi jo Reynoldsin luvulla <400 , kun normaalisti tasaisten levyjen välisessä virtauksessa rajana pidetään Reynoldsin lukua 2300. Kun virtaus muuttuu laminaarisesta turbulenttiseksi, lämmönsiirtimen lämmönsiirtotehokkuus kasvaa. Lämmönsiirtotehokkuus on aaltokuvion ansiosta jopa 3-4 kertaa parempi tasalevyiseen lämmönsiirtimeen verrattuna.

Levyt voidaan valmistaa teräksestä, titaanista, tantaalista tai muista aineista jotka ovat riittävän taipuisia ja kestäviä. Kuluttavissa olosuhteissa voidaan käyttää vaikka grafiittia.

Levyjen eristystapa määrää oleellisesti lämmönsiirtimen käyttökohteen. Tiivisteelliset, yleensä kumilla, teflonilla tai neopreenillä eristetyt lämmönvaihtimet sopivat erinomaisesti paikkoihin joissa nesteet eivät kuluta tiivisteitä ja joissa lämpötila ja paine pysyvät sopivien rajojen sisäpuolella. Tiivisteillä eristettyä lämmönsiirrinta voidaan käyttää -35°C - $+220^{\circ}\text{C}$ lämpötiloissa. Painetta ne kestävät parhaimmillaan 25bar. Tiivisteellisen lämmönsiirtimen oleellinen etu muihin tyyppeihin verrattuna on mahdollisuus purkaa se ja poistaa tai lisätä levyjä jotta lämmönsiirtotehoa voidaan muuttaa helposti. Lisäksi purkaminen mahdollistaa tehokkaan mekaanisen puhdistuksen. Juotetuilla lämmönsiirtimillä päästään jo 30 bar:in paineeseen ja lämmönkestävyysalue kasvaa huomattavasti. Alimmillaan lämpötila saa olla jopa -195°C . Hitsaamalla eristetyissä lämmönvaihtimissa levyjen reunat on yleensä hitsattu laserilla yhteen, jolloin saavutetaan laaja lämpötila-alue; -55°C - $+335^{\circ}\text{C}$. (Pääkkönen 2005, s.18 - 19)

3.1.1 Juotetut levylämmönsiirtimet

Kuvan 3 mukaiset kovajuotetut levylämmönsiirtimet eivät sisällä tiivisteitä, vaan niissä aallotetut levyt on kovajuotettu toisiinsa ja puristettu päätylevyjen väliin. Juotosmateriaali on yleisimmin kupari, mutta myös ruostumatonta

terästä käytetään. Se, että lämmönsiirtimessä ei ole tiivisteitä, mahdollistaa sen käytön kohteissa jossa lämpötila, paine ja aineen ominaisuudet voisivat vaurioittaa tiivisteellisiä rakenteita. (Wang, Sundén, Manglik 2007, s.19)

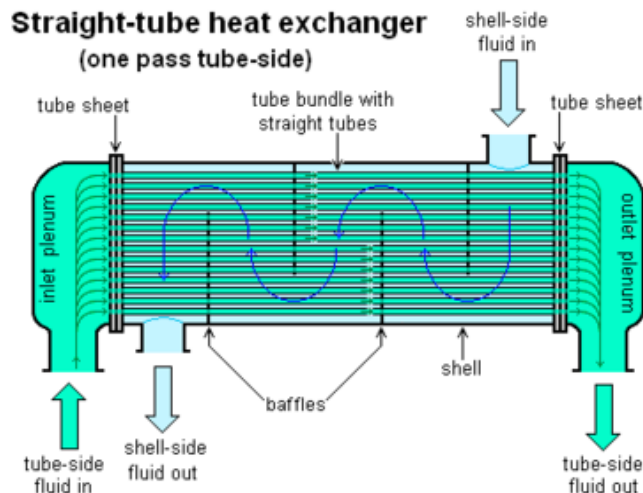


Kuva 3. Danfossin kovajuotettujen lämmönsiirrinten valikoimaan kuuluu useita erikokoisia vaihtoehtoja.

Juottamalla yhdistetyissä levyissä materiaalina on yleensä teräs. Levyistä juotetaan yhteen reunojen lisäksi myös lämmönsiirtimen sisällä olevat levyjen kontaktikohdat. Tämä parantaa lämmönsiirtimen paineen- ja lämpötilan kestävyyttä. (Pääkkönen 2005, s.19)

Kuitenkin juotoksen takia lämmönsiirrintä on mahdotonta purkaa tai lisätä levyjä nostamaan lämmönsiirtotehoa, kuten tiivisteellisissä lämmönsiirtimissä. Kovajuotetut lämmönsiirrimet valmistetaan ja toimitetaan käyttökohteisiinsa tarkasti mitoitettuna tiettyyn käyttöön, eikä niitä jälkeenpäin pysty muokkaamaan. Ongelmana on myös se, että kovajuotettua levylämmönsiirrintä ei voi puhdistaa mekaanisesti, vaan ainoa tapa puhdistaa on kierrättämällä vettä lämmönsiirtimen läpi vastakkaiseen suuntaan kuin normaalisti tai kemiallisesti kierrättämällä puhdistukseen käytettävää ainetta lämmönsiirtimen läpi. (Wang, Sundén, Manglik 2007, s.19)

3.2 Putkilämmönsiirtimet



Kuva 4. Esimerkki putkilämmönsiirimestä. Yksisuuntainen suora putkilämmönsiirrin. Kylmä ja kuuma fluidi virtaavat vastakkaisiin suuntiin. Vaipassa olevat ohjauslevyt pakottavat fluidin levittymään koko lämmönsiirtimeen parantaen lämmönsiirtotehokkuutta.

Putkilämmönsiirtimet koostuvat kuvan 4 mukaisesti putkimaisesta vaipasta ja sen sisällä olevista pienemmistä putkista. Toinen aine virtaa pienissä putkissa ja toinen aine virtaa näiden pienten putkien ympärillä lämmönsiirtimen vaipassa. Vaipassa on usein ohjauslevyt, jotka ohjaavat vaipassa virtaavaa ainetta mahdollistaen paremman lämmönsiirron. Ohjauslevyjen ansiosta vaipan puoleinen aine levittyy paremmin koko lämmönsiirtimeen, eikä kulje helpointa ja nopeinta reittiä. Sisällä olevat pienet putket voivat olla suoria kuten kuvassa 4, tai taivutettu U-muotoon, jolloin neste virtaa lämmönsiirtimen päästä toiseen ja takaisin koko matkan pienissä putkissa. Vaipassa neste virtaa U-muotoisessa putkilämmönsiirtimessä samalla tavalla kuin suoraputkisissa lämmönsiirtimissä. Suoraputkinen lämmönsiirrin ei aina ole yksisuuntainen, vaan neste voi virrata pienissä putkissa useamman kerran lämmönsiirtimen päästä toiseen. Tällöin putket on jaettu esimerkiksi kuvan 5 mukaisesti kahteen nippuun, joissa neste virtaa eri suuntiin. Lämmönsiirtimen päissä on eräänlaiset kammiot, joiden kautta neste siirtyy putkinipusta toiseen

ja vaihtaa suuntaa. Tyypillisesti putkilämmönsiirtimet ovat 1-, 2- tai 4-suuntaisia.



Kuva 5. Putkilämmönsiirrin sisältä ja ulkoa. Vasemmalla oleva putkinippu tulee oikealla näkyvän putkimaisen vaipan sisään ja päädyt on suljettu toisesta päästä levyllä ja toisesta kappaleilla joissa on yhteen läpivirtaavalle aineelle. Itse vaipassa on yhteen vaipassa virtaavalle aineelle. (Pumppulohja)

Putkilämmönsiirrin on yleisimmin käytetty lämmönsiirrintyyppi suurissa kemianteollisuuden prosesseissa. Ne kestävät tyypillisesti korkeampia paineita ja lämpötiloja kuin levylämmönsiirtimet ja lisäksi niiden läpi virtaavat nestemäärät voivat olla suurempia kuin levylämmönsiirtimissä. Vuodot nesteestä toiseen ovat hyvin harvinaisia, koska putkilämmönsiirtimissä ei ole tiivisteitä muualla kuin tulevien ja lähtevien nesteiden putkiyhteissä ja päätylevyissä, eivätkä tiivisteet erota nesteitä toisistaan, vaan estävät nesteiden vuotamisen ulos lämmönsiirtimestä. Putkilämmönsiirtimiä voidaan käyttää hyvin monenlaisten aineiden väliseen lämmönsiirtoon ja toisin kuin levylämmönsiirtimissä, aineiden ei tarvitse olla puhtaita, koska virtauskanavat ovat yleensä suuria verrattuna levylämmönsiirtimiin ja koska putkilämmönsiirrin on mahdollista seisokissa pestä täysin puhtaaksi. Tyypillisiä käyttökohteita esimerkiksi metsäteollisuudessa on polttoöljyn esilämmitys höyryllä, lipeiden ja happamien nesteiden jäähdytys, paljon kiintoaineita sisältävien suodosten jäähdytys sekä hajukaasujen jäähdytys.



Kuva 6. Putkilämmönsiirtimiä on saatavilla myös hyvin pieninä.

Putkilämmönsiirrinten suurin ongelma levylämmönsiirtimiin verrattuna on niiden heikko lämmönsiirtoteho suhteessa kokoon. Vaikka niitä on saatavilla hyvin pieniäkin (Kuva 6), ne ovat usein hyvin suuria saavuttaakseen riittävän suuren lämmönsiirtotehon, eivätkä siksi sovellu esimerkiksi koteihin käyttöveden lämmitykseen. Suuri koko vaatii suuren tilan ja riittävän tehokas putkilämmönsiirrin aiheuttaa valtavan paineen laskun kun kyseessä on käyttöveden kaltainen verrattain pieni vesimäärä. Teollisuudessa ongelmia aiheuttaa suurista virtauskanavista ja puhdistusmahdollisuudesta huolimatta likaantuminen, joka heikentää lämmönsiirtotehoa lisäten jäähdytys- tai lämmitysveden tarvetta sekä tukkii virtauskanavia pienentäen nesteen suurinta virtausnopeutta ja nostaen lämmönsiirtimen painehäviötä. Sinällään puhtaatkin aineet voivat alkaa tukkimaan virtauskanavia, jos jäähdytettävä neste on helposti kiteytyvää tai muulla tavalla kiinteytyvää alhaisessa lämpötilassa. Tällaisessa tapauksessa jäähdytettävä neste alkaa kiteytymään pienten putkien sisäpinnoille vaikka nestettä jäähdytetään vain vähän, etenkin jos vaipassa virtaava neste on hyvin paljon jäähdytettävää nestettä kylmempää. Jos kiteytyminen alkaa olemaan ongelma, jäähdyttävän nesteen tulisi olla mahdollisimman lämmintä, kuitenkin riittävän viileää jäähdyttääkseen jäähdytettävän nesteen haluttuun lämpötilaan. Korkea lämpötilaero lämmönsiirtopintojen eri puolin aiheuttaa vastaavan ongelman kuitenkin muissakin lämmönsiirrintyypeissä ja putkilämmönsiirtimen etuna tässäkin on sen helppo puhdistus. (Haslego, C. 2008) (Oy Tapiro Ab)

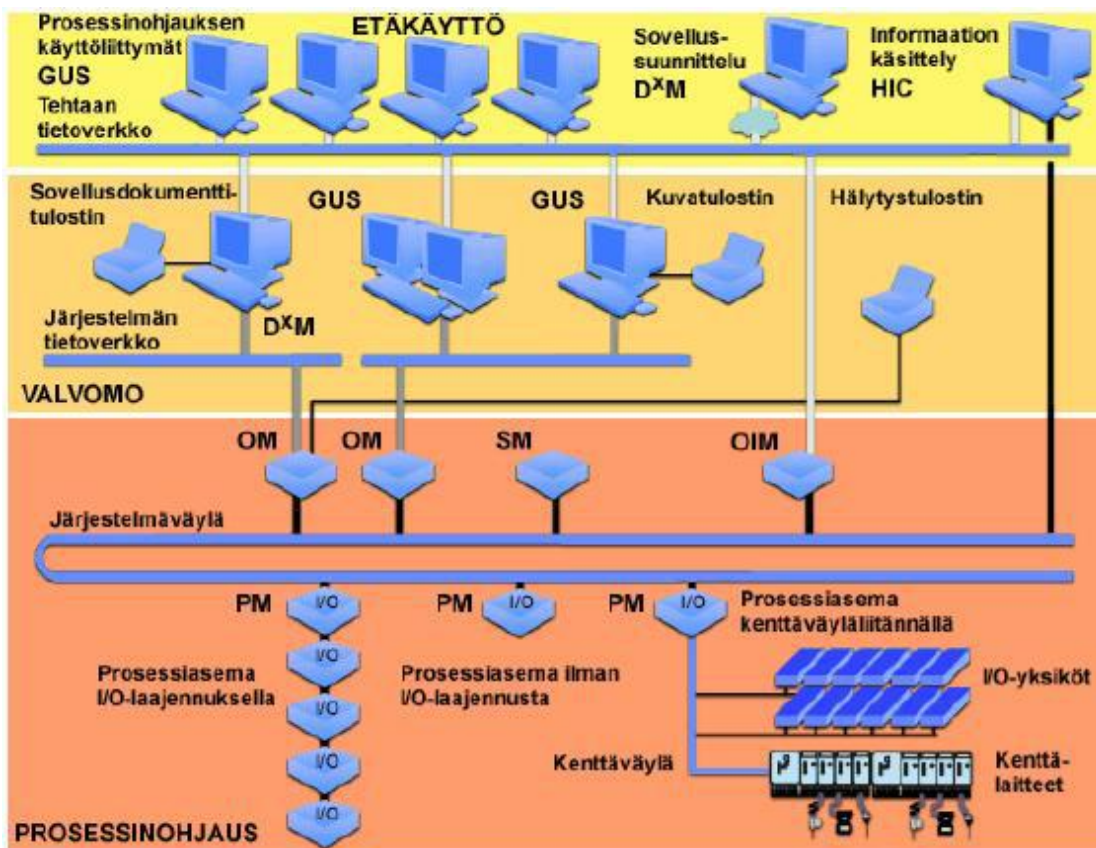
4. AUTOMAATION TOTEUTUSTAVAT

Automaatiojärjestelmän tehtävä on ohjata koneiden, laitteiden ja prosessien toimintaa ilman ihmisen välitöntä vaikutusta. Seuraavassa käsitellään erilaisia automaation toteutusvaihtoehtoja, painottaen kuitenkin erityisesti pienautomaatioon kuuluvia ratkaisuja.

4.1 Kokonaisautomaatiojärjestelmät

Kokonaisautomaatiojärjestelmällä tarkoitetaan järjestelmää jossa lähinnä ohjelmistojensa puolesta eroavat ala-asetat, nopeaan lähiverkkotekniikkaan perustuvat väyläratkaisut ja prosessi I/O:n vaatima elektronikka sekä valvontalaitteet on yhdistetty yhdeksi tuotteeksi. Tällainen järjestelmä sisältää oleellisesti myös suunnittelu-, ohjelmointi- ja valvomo-ohjelmistot sekä integroinnin muihin järjestelmiin.

4.1.1 Kokonaisautomaatiojärjestelmän rakenne



Kuva 7. Honeywell Alcont-järjestelmän rakenne.

Kaikki kokonaisautomaatiojärjestelmät noudattavat periaatetta, jossa omiin tehtäviinsä erikoistuneet ala-asemat liitetään toisiinsa järjestelmäväylän välityksellä. Näihin ala-asemiin on liitetty tarvittavat laitteet, kuten valvomolaitteet valvomoasemiin ja kenttälaitteet I/O kehikkojen kautta prosessiasemille.

Kuvassa 7, on esitetty esimerkki Honeywellin alcont-järjestelmän kokoonpanosta. Prosessiasemat ovat kuvassa alhaalla merkittyinä lyhenteellä PM. Niihin kytketään kenttälaitteet prosessiliitännän kautta. Prosessiliitennä koostuu I/O –korteista, jotka soveltuvat kenttälaitteilta tulevan tiedon automaatiojärjestelmään. Kuvassa yksi prosessiasema on I/O-laajennuksella, eli siihen liitettävää I/O määrää on kasvatettu, keskimmaisessä ei ole laajennuksia ja kolmannessa on kenttäväyläliitännä kenttälaitteita ja hajautettuja I/O-yksiköitä varten.

Järjestelmäväylään kytketään myös valvomoasemat joiden kautta järjestelmä on yhteydessä valvomolaitteisiin sekä sovellussuunnitteluasemiin. Valvomotietokoneet ovat yhteydessä toisiinsa järjestelmän tietoverkon kautta ja ne on kytketty oman ala-asemansa kautta järjestelmäväylään. Myös sovellussuunnitteluasema on kytketty oman ala-asemansa kautta järjestelmäväylään. Valvomo- ja sovellusasemat ovat yhteydessä tehtaanlaajuiseen verkkoon. Tätä kautta prosessin tilaa voidaan seurata ja ohjata sekä ylläpitää muualtakin kuin paikan päältä. Tehdasverkko voi olla yhteydessä internetiin, mikä mahdollistaa järjestelmän seuraamisen mistä vain.

4.2 PC-pohjaiset järjestelmät

PC-pohjaisina järjestelminä tarkoitetaan tässä automaatiojärjestelmiä joita ohjaa käytännössä tavallinen, joskin usein teollisuuskäyttöön tarkoitettu mikrotietokone. Tällaiset järjestelmät voivat toimia tietokoneeseen liitetyn ulkoisen yhteyslaitteen avulla, tai tietokoneen sisäisten korttien avulla, mutta varsinaisen laskennan ja tietojen käsittelyn tekee mikrotietokoneen prosessori. Nämä järjestelmät toimivat usein yleiskäytössäkin olevien käyttöjärjestelmien alla, kuten esim. Windows 2000 jne., mikä saattaa aiheuttaa niiden toiminnalle haasteita ja edelleenkin tällaiset järjestelmät ovat harvoin käytössä kriittisissä kohteissa. (Ylikynnari, J. 2003, s.15 - 17)

4.3 Ohjelmoitavat logiikat

Ohjelmoitavilla logiikoilla (PLC) toteutetaan suuri osa teollisuuden automaatiosta. Pienet yksiköt yhdistetään toisiinsa ja ylempiin valvontajärjestelmiin kenttäväylillä. Ohjelmoitavan logiikan tehtävä on ohjata siihen kytkettyä järjestelmää seuraamalla järjestelmän tilaa I/O-pisteiden kautta. Sen tuloihin kytketään esim. kytkimiä sekä järjestelmän tilaa mittaavia antureita ja lähtöihin kytketään toimilaitteet, kuten esim. lamput, sähkömoottorit, releet ja magneettiventtiilit. Sen muistiin kirjoitetaan ohjelma,

joka seuraa ja ohjaa järjestelmää reaaliaikaisesti. (Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Lähetkangas, M., Sumujärvi, M. 2007, s.212 - 227)

Ohjelmoitavia logiikoita on saatavilla hyvin paljon erilaisia. Logiikat jaetaan usein eri ryhmiin kokonsa ja käytettävyytensä mukaan. Eri valmistajat ja lähteet lajittelevat niitä eri nimisiin ryhmiin, eikä tässä esitetty jako perustu mihinkään viralliseen jakoon tai minkään valmistajan tapaan jakaa logiikat ryhmiin. Kaikki tekevät jaon kuitenkin lähes samalla tavalla. Suurimmilla logiikoilla voidaan toteuttaa laajojakin automaatiojärjestelmiä, jotka sisältävät monimutkaisiakin säätöjä. Toisaalta pienet mikrologiikat voivat toimia pienissä järjestelmissä, esim. yhden koneen ohjauksessa, hyvin releiden korvaajana.

4.3.1 Ohjelmoitavat releet

Ohjelmoitavien releiden i/o pisteiden määrä on hyvin pieni ja laskuominaisuudet ja säätömahdollisuudet rajalliset. Ohjelmoitavat releet ovat usein selvästi halvempia kuin suuremmat logiikat ja niiden käyttöönotto on helpompaa. Ne täyttävät kompaktilogiikoiden ja releiden väliin jäävän alueen. Tällaisia logiikoita kutsutaan myös mikrologiikoiksi tai joissain yhteyksissä automaatiomoduuileiksi ja logiikkamoduuleiksi. Jotkut valmistajat eivät suosittele ohjelmoitavien releiden käyttöä korkeaa luotettavuutta vaativissa kohteissa, esim. lääketeollisuudessa ym. käyttötarkoituksissa, joissa mahdollinen hitaus tai viallinen toiminta voisi aiheuttaa vaaraa ihmisille. Esimerkkejä ohjelmoitavista releistä ovat mm. Siemensin LOGO!, Omronin ZEN ja kuvassa 8 oleva Mitsubishin Alpha.



Kuva 8. Mitsubishi Alpha 2 -sarjan ohjelmoitava rele. On tavallista, että pieniin logiikoihin yhdistetään yksinkertainen näyttö josta voidaan seurata logiikan tilaa ja haluttuja arvoja, sekä näppäimet joilla voidaan muuttaa ohjelmaa ja selata näytön valikkoja.

4.3.2 Kompaktilogiikat

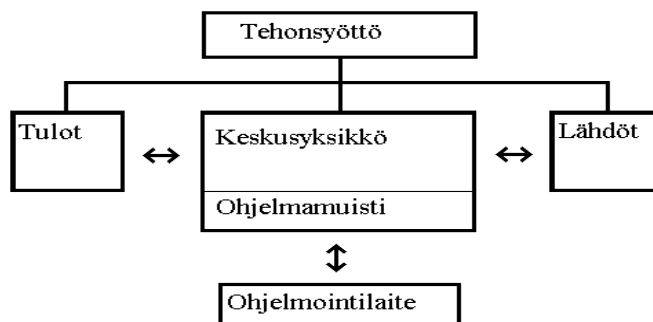
Kompaktilogiikat ovat tyypillisesti ohjelmoitavia releitä suurempia ja niitä ohjelmoidaan kehittyneemmän käskykannan ohjelmilla. Niillä pystytään toteuttamaan monipuolisempia toimintoja kuin ohjelmoitavilla releillä. Kompaktilogiikoita saa laajennettavina tai ilman laajennusmahdollisuutta. Kompaktilogiikat, joissa ei ole laajennusmahdollisuutta, ovat tyypillisesti i/o pisteiden määrässä mitattuna vain hieman suurempia kuin ohjelmoitavat releet, mutta laajennettaviin malleihin saa tyypillisesti max. 256 i/o pistettä laajennusyksiköillä. Useimpiin malleihin saa paljon erilaisia analogia- ja digitaalituloja sekä –lähtöjä. Kuten ohjelmoitavissa releissä, myös kompaktilogiikoissa on tyypillisesti virtalähde valmiina keskusyksikön yhteydessä, eikä erillistä virtalähdettä välttämättä tarvita. Kompaktilogiikoista esimerkkeinä Siemensin S7-200 –sarja, Omronin CP –sarja ja Mitsubishiin FX –sarja.

4.3.3 Järjestelmälogiikat

Modulaarisilla logiikoilla käsitetään tässä kompaktilogiikoita suurempia logiikkajärjestelmiä jotka koostuvat virtalähteestä, keskusyksiköstä, ja siihen liitetystä I/O-moduuleista sekä muista laajennusyksiköistä. Useimpien modulaaristen logiikoiden keskusyksiköt eivät sisällä mitään muuta kuin itse keskusyksikön. Virtalähde, I/O:t ja muut laajennukset tulevat kaikki erikseen ja kytketään keskusyksikköön. Näissä I/O-määrä voi olla tuhansia pisteitä. Suurilla modulaarisilla logiikoilla voidaan toteuttaa kokonaisen tehtaan automaatiojärjestelmä. Modulaarisia logiikoita ovat mm. Siemensin S7-300 ja S7-400 –sarjat ,Omronin CJ ja CS –sarjat sekä Mitsubishiin Melsec Q -sarja.

4.3.4 Ohjelmoitavan logiikan laitteisto

PLC-laitteisto koostuu keskusyksiköstä, tulopiireistä, lähtöpiireistä, ohjelmamuistista, tehonsyötöstä ja ohjelmointilaitteesta, kuten esitetty kuvassa 9. Tämä jako toimii puhuttaessa kaiken kokoisista logiikoista.



Kuva 9. Ohjelmoitavan logiikan rakenne

Keskusyksikkö toteuttaa logiikkaan ohjelmoitua ohjelmaa käsky kerrallaan. Koska nykyiset keskusyksiköt on toteutettu lähes poikkeuksetta mikroprosessoreilla, ne pystyvät loogisten operaatioiden lisäksi suorittamaan myös aritmeettisia laskutoimituksia. Näiden suorittamiseksi keskusyksikössä on vähintään yksi työrekisteri, akku. Keskusyksikössä on työmuistina käyttäjän luku- ja kirjoitusmuistia (RAM).

Tulopiirien tehtävänä on kytkeä kentältä tulevat signaalit logiikkaan. Nämä signaalit tulevat esim. kytkimiltä, valokennoilta tai releiden apukoskettimilta. Normaalisti tuloviestit ovat binäärisiä, eli kaksitilaisia, mutta logiikoilla voidaan vastaanottaa myös analogiasignaalia esim. lämpötila- ja paine antureilta sekä pulssiantureiden lähettämää viestiä. Tulopiirit on galvaanisesti erotettu logiikan herkästä elektroniikasta. Tuloviesti ei siis siirry logiikkaan suoraan kentältä saapuvana sähköviestinä vaan valodiodin ja fototransistorin muodostaman optoerottimen välityksellä.

Lähtöpiirit ohjaavat järjestelmään liitettyjä toimilaitteita, kuten lamppeja, kontaktoreita, releitä ja magneettiventtiilejä. Lähdöt ovat tavallisesti joko transistori- tai relelähtöjä. Transistorilähdöt on tarkoitettu tasasähkölle, jonka käyttöjännite on yleensä 24 V ja virran voimakkuus tavallisesti alle 2 A. Transistorilähdöt vaativat samanlaisen optoerottimen kuin tulopuolella.

Transistorilähtö on nopea; toimintaviive on noin 0,2 ms. Relelähdtöjä taas käytetään tasasähkön lisäksi myös vaihtosähkön ohjaamiseen. Niiden kautta voidaan ohjata transistorilähtöön verrattuna suurempaa vaihtovirtaa verkkojännitteellä. Toisin sanoen relelähdtöjä käytetään kohteissa joissa lähdön kautta kulkee suurempi teho. Transistorilähtöön verrattuna relelähdtö on rakenteestaan johtuen selvästi hitaampi noin 10 ms:n toimintaviiveellä.

Ohjelmamuistiin tallennetaan itse logiikan suorittama ohjelma. Se sisältää kaiken sen informaation mitä automatisoitu järjestelmä tarvitsee toimiakseen. Muistin koko riippuu oleellisesti logiikan koosta. Pienissä logiikoissa voi olla käytössä 0,25 kb:n muisti, kun isoissa järjestelmissä se voi olla esim. 256 kilobittiä. Yleisimmin käytettäviä muistityyppejä ovat CMOS-RAM, EPROM ja EEPROM –tyyppiset muistit. CMOS –muistiin voidaan kirjoittaa ja sitä voidaan lukea milloin vain. RAM-muistina siihen tallennetut tiedot häviävät sähkönsyötön katkeamisen mukana, mutta tämä voidaan estää patterivarmennuksella. EPROM on käyttäjän ohjelmoitavaa lukumuistia ja siihen kirjoittaminen vaatii erillisen ohjelmointilaitteen. EPROM-muisti säilyttää tiedot myös ilman syöttöjännitettä. EEPROM on luku- ja kirjoitusmuistia johon tiedot tallennetaan ja poistetaan sähköisesti ohjelmointilaitteen avulla. Ne eivät tyhjene sähköjen katkettua, eivätkä tarvitse paristovarmennusta.

Logiikkajärjestelmän yhteydessä puhutaan sisäisestä ja ulkoisesta tehonsyötöstä. Sisäinen tehonsyöttö tarkoittaa PLC –laitteiston, eli tulo- ja lähtöpiirien, keskusyksikön ja ohjelmamuistin vaatimaa jännitteensyöttöä. Ulkoisille liitännöille tarvitaan sekä tulo- ,että lähtöpiirejä varten jännitelähteet, jotka voivat olla erillisiä yksiköitä tai kuulua logiikkalaitteen kokoonpanoon.

Nykyisin logiikkojen ohjelmointi tapahtuu useimmiten PC:lle asennetulla ohjelmalla. Ohjelmointi tapahtuu käskylistää kirjoittamalla, logiikkasymboleilla tai kosketinkaaviota piirtämällä. Erilliset ohjelmointilaitteet eivät ole enää PC-ohjelmoinnin yleistettyä kovin laajassa käytössä logiikoiden ohjelmoinnissa, mutta saattavat olla käytännöllisiä esim. kunnossapidossa, jossa ohjelmointilaitteen avulla voidaan tutkia logiikan tiloja ja muuttaa ajastimien ja laskureiden asetusarvoja tai muuten muuttaa ohjelmaa ongelmien ilmetessä. Käytännössä tämäkin voidaan nykyään hoitaa kannettavilla tietokoneilla. (Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Lähetkangas, M., Sumujärvi, M. 2007, s.212-227)

4.3.5 Logiikan ohjelmointi

Ohjelmoitava logiikka vaatii toimiakseen halutulla tavalla aina kyseiseen käyttötarkoitukseen laaditun ohjelman, eikä yhteen kohteeseen laadittu ohjelma toimi toisessa kohteessa, mikäli kohteet eroavat toiminnaltaan toisistaan. Kuitenkin itse ohjelma voidaan kirjoittaa hyvin monella tavalla samaan käyttötarkoitukseen, eikä yhdellekään toteutukselle ole yhtä oikeaa ratkaisua.

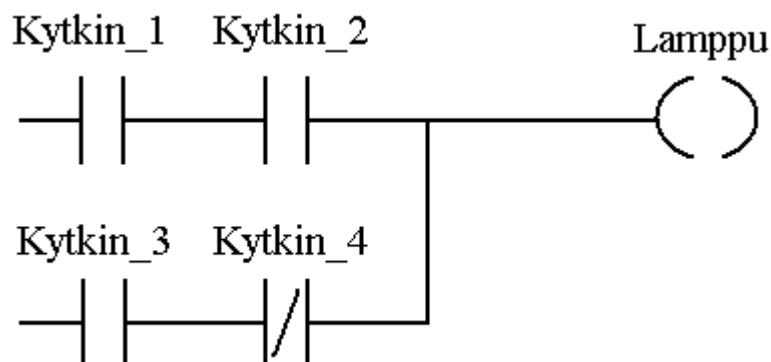
Ohjelmointi tapahtuu joko toimintosymboleista koostuvina kaavioina tai loogisista käskysanoista muodostuvana käskylistana. Kaaviot voidaan rakentaa joko logiikkakaaviona tai relekaaviona. Kaikilla tavoilla päästään samaan lopputulokseen.

Yleisimmin ohjelma toteutetaan rele- eli kosketinkaaviona lähinnä siitä syystä että se on selkein ja yksinkertaisin tapa. Relekaavioesityksessä käskykanta on melko suppea ja siitä johtuen siinä käytetään myös logiikkakaavioesityksen käskyjä.

Logiikkakaaviossa käytetään elektroniikkasuunnitelun kytkentäkaavioissa käytettyjä logiikkamerkkejä. Toiminnot ovat ohjelmassa suorakaiteen muotoisia laatikoita jotka sisältävät toimintoa kuvaavat merkinnät.

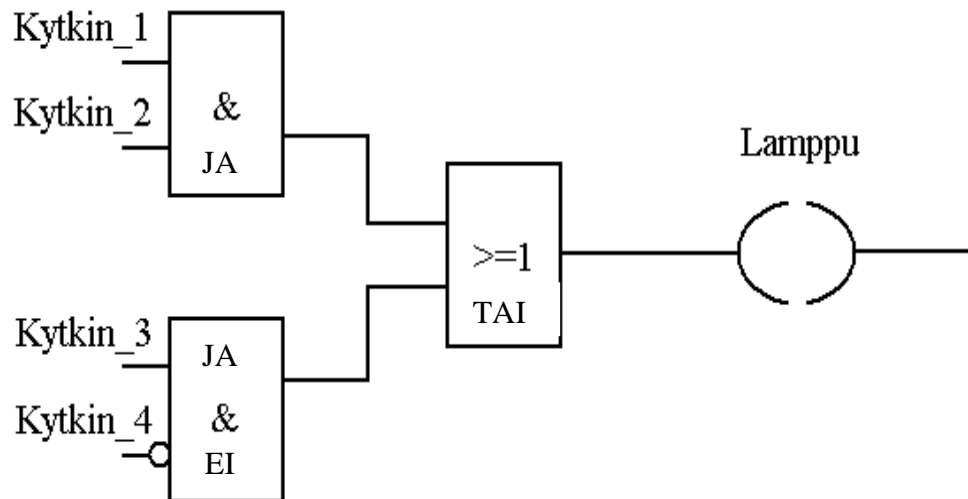
Käskylistamuodossa on mahdollista toteuttaa sellaisiakin toimintoja jotka eivät ole muissa esitystavoissa mahdollisia, mutta se voi tuntua hyvin sekavalta verrattuna muihin ohjelmointitapoihin. (Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Lähetkangas, M., Sumujärvi, M. 2007, s. 212 - 227)

Seuraavassa on esitetty sama looginen operaatio eri tavoin ohjelmoituna. Kytkimet voivat tässä tapauksessa olla esim. Siemensin logiikoissa tuloihin I0.0 - I0.3 kytkettyjä fyysisiä kytkimiä ja lamppu lähtöön Q0.0 kytketty hehkulamppu. Nimitykset "Kytkin" ja "Lamppu" ovat kuitenkin olemassa vain helpottamaan toiminnan lukemista ja muistuttamaan mikä mikin I/O on. Ohjelmallisesti kaikille komponenteille voidaan antaa mielivaltainen nimi tai jättää nimeämättä, jolloin käytetään absoluuttista merkintää, eli tulon/lähdön osoitetta, esim. I0.1. Esimerkissä tapahtuu loogiset AND, NAND ja OR – operaatiot. Kun "Kytkin 1" ja "Kytkin 2" ovat kytkettyinä tai "Kytkin 3" on kytkettynä ja "Kytkin 4" ei ole kytkettynä, lamppu palaa.



Kuva 10. Relekaavio.

Relekaavioesityksestä näkee nopeasti mistä on kyse. Kytkin_1, Kytkin_2 ja Kytkin_3 ovat normaalisti auki olevia kytkentöjä ja Kytkin_4 normaalisti kiinni. Kun normaalisti auki oleva kytkentä saa arvon 1, se sulkeutuu, eli kytkeytyy ja kun normaalisti kiinni oleva kytkentä saa arvon 1, se avautuu, eli kytkeytyy pois.



Kuva 11. Logiikkakaavio.

Logiikkakaavioesitys tässä tapauksessa on hieman monimutkaisempi kuin relekaavioesitys, mutta operaation logiikka on kohtalaisen ymmärrettävässä muodossa. Kun Kytkin_1 JA Kytkin_2 TAI Kytkin_3 JA EI Kytkin_4 johtaa, Lamppu palaa.

```

A   "Kytkin_1"
A   "Kytkin_2"
O
A   "Kytkin_3"
AN  "Kytkin_4"
=   "Lamppu"
  
```

Kuva 12. Käskylista.

Käskylistamuodossa esitettynä operaatio on asiasta tietämättömälle epämääräisen näköinen, mutta kuitenkin kohtalaisen yksinkertainen. Loogisten operaatioiden merkit ovat vasemmalla lyhennettyinä. Merkkien jälkeen on sen osoitteen nimi mihin käskyllä viitataan. Totuustaulu edellä olevasta kytkennästä on esitetty seuraavalla sivulla.

Taulukko 1. Totuustaulukosta nähdään, miten lähtö käyttäytyy suhteessa tulojen tiloihin

Kytkin_1	Kytkin_2	Kytkin_3	Kytkin_4	Lamppu
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
1	1	0	0	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1
0	1	1	1	0
0	0	1	1	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	1
0	1	0	0	0

4.3.6 Yhteenveto ohjelmoitavista logiikoista

Ohjelmoitavia logiikoita löytyy useilta valmistajilta kymmeniä erilaisia. Eroja on suorituskvyissä, tarkemmin suoritussnopeudessa, muistin määrässä ja toiminnoissa sekä i/o -määrissä. Nopeat, varsinaiset ohjelmoitavat logiikat, voivat olla jopa kymmenen kertaa nopeampia suorittamaan loogisen käskyn kuin pienet mikrologiikat. Tyypillisesti varsinaisten ohjelmoitavien logiikoiden kohdalla suoritusajat ovat luokkaa 0.05 – 1 µs. Toimintojen puolesta erot ovat melko suuria mentäessä pienistä mikrologiikoista aina suuriin tehtaanlaajuisesta automaatiosta huolehtiviin modulaarisiin logiikoihin. Suurissa logiikoissa on kattavat valikoimat työkaluja prosessiarvojen säätöön jne. ja nopeus sekä suorituskvyky muutoinkin on täysin omassa luokassaan pieniin logiikoihin verrattuna. Pienempiin mentäessä toiminnot tyypillisesti yksinkertaistuvat ja pienimmät logiikat sisältävät käytännössä perinteisten loogisten operaatioiden lisäksi vain muutamia erikoisempia toimintoja. Tässä työssä päähuomio on kohdistettu pienikokoisiin logiikoihin, eli pääasiassa ns. kompaktilogiikoihin sekä vertailun vuoksi myös mikrologiikoihin, työn aiheena olevan lämpörikkopenkin automaation pienen koon vuoksi. Taulukossa 2, on

esitelty kolmen Suomessa tunnetuimman logiikkavalmistajan tärkeimmät mallit jotka vastaavat työssä tarvittavia I/O määriä ja toiminnallisuuksia.

Taulukko 2. Siemensin, Mitsubishin ja Omronin pienet ohjelmoitavat logiikat ja niiden tärkeimmät ominaisuudet. Tulot ja lähdöt edustavat keskusyksikköön integroitujen i/o:iden määrää pienimmästä mallista suurimpaan. Eroja valmistajien ja mallien kesken on, mutta ne ovat pieniä.

Valmistaja	Logiikka	Tulot	Lähdöt	Laajennettavuus	Lisätietoja
Siemens	LOGO!	8	4	Max. 24DI, 16DO, 8AI, 2AO. Saatavilla useita erilaisia digitaalisia ja analogisia tulo- ja lähtöyksiköitä sekä esim. kommunikointimoduuli AS-i -väylään	Keskusyksikön tuloista 4 on mahdollista saada analogisina
	S7-200	6-24	4-16	Max. 128DI, 120DO, 28AI, 14AO 226-mallissa. Sarjan pienintä mallia 221, ei voida laajentaa. Muihin malleihin on saatavissa useita erilaisia laajennusyksiköitä.	Vain S7-224 XP -mallissa on integroituna analogiatulot ja lähdöt. Muissa keskusyksiköissä ei ole integroituna analogia i/o:ta, vaan ne on saatavilla vain erillisillä laajennusyksiköillä. XP-mallit on tarkoitettu yksinkertaiseen paikoituskäyttöön.
	S7-300C	10-24 + 4A +1 Pt-100 (313C ja 314C)	6-16 + 2A (313C ja 314C)	Max. 256 i/o yhdellä keskusyksiköllä. Erillisillä laajennusmoduuleilla 1028i/o. Yhteen keskusyksikköön voidaan liittää 8 laajennusyksikköä, joita on saatavilla moniin eri tarkoituksiin sekä analogisena, että digitaalisena.	S7-300 sarjaa saa myös ns. standard -mallisena. Siihen kuuluvissa keskusyksiköissä ei ole integroituna lainkaan i/o:ta. Niissä i/o määrää voidaan tosin kasvattaa i/o korteilla suuremmiksi kuin kompaktimallisissa.
Mitsubishi	Alpha 2	6-15 +8A	4-9	Voidaan laajentaa joko 4 digitaalilähdöllä tai -tulolla, tai 2 analogilähdöllä.	Alpha 2:n keskusyksikön kaikki integroidut lähdöt ovat relelähtöjä ja niiden kautta voidaan johtaa jopa 8A virta.
	FX1S	6-16	4-14	Max. 34 i/o. Varsinaisia laajennusyksiköitä ei ole mahdollista liittää, mutta suoraan logiikkaan liitettävällä adapterilla voidaan lisätä 4 i/o:ta.	Sarjan pienin vaihtoehto. Toimii hyvin releiden korvaajana. Kommunikointiyhteyksien ansiosta voidaan yhdistää muihin FX-sarjan laitteisiin.
	FX1N	8-36	6-24	Max. 132 i/o. Erilaisia i/o yksiköitä analogia- ja digitaalituloille ja -lähdöille. Erilaisia paikoitusmoduuleja askel- ja servokäyttöille.	Kaikkiin muihin FX-sarjan logiikoihin, paitsi FX1S:n on saatavilla digitaalisia i/o laajennusyksiköitä sekä omalla virtalähteellä, että ilman sitä. Virtalähteelliset mallit sisältävät enemmän i/o:ta.
	FX2N	8-64	8-64	Max 256 i/o. Erilaisia i/o yksiköitä analogia- ja digitaalituloille ja -lähdöille. Erilaisia paikoitusmoduuleja askel- ja servokäyttöille.	Valmistus loppuu 1.1.2010. Tuki 2015 asti.
	FX3U	8-40	8-40	Max. 384 i/o. Erilaisia i/o yksiköitä analogia- ja digitaalituloille ja -lähdöille. ADP - adapteriväylään liitettävissä varsinaisten i/o :n lisäksi 10 ADP moduulia: mm. pikalaskuritulo, pulssilähdöt ja neljä analogiatuloa tai -lähtöä.	Paikoitustoiminnot askel- ja servokäyttöille sekä pikalaskurit ja pulssilähdöt 100kHz:n asti vakiona.
Omron	ZEN	6-12	4-8	ZEN10 max. 34 i/o ja ZEN20 44 i/o. Kaikkia muita malleja paitsi C3-malleja voidaan laajentaa. I/o-laajennusyksiköitä on vain yhdenlaista, joka sisältää 4DI ja 4DO. Lisäksi saa ylimääräisen virtalähteen.	ZEN10C4-mallissa on RS-485 liitäntä joka verottaa C4:stä yhden lähdön. Kaikki DC-mallit sisältävät myös analogiatulon.
	CPM1A	6-24	4-16	Max. 60DI 40DO. 30:n ja 40:n i/o:n malleissa mahdollisuus kolmen laajennusyksikön lisäämiseen. Valittavissa erikokoisia digitaalisia ja analogisia i/o-yksiköitä.	Pienimmissä malleissa ei laajennusmahdollisuutta. Keskusyksiköissä ei ole integroituna analogia-tuloja, vaan ne on saatavilla vain erillisillä laajennusyksiköillä.

5. JUOTETTU LEVYLÄMMÖNSIIRRIN

Juotettua levylämmönsiirrinta on käsitelty jo aiemmin tässä työssä yleisellä tasolla. Seuraavassa sitä käsitellään syvemmin ja yksityiskohtaisemmin.

5.1 Toiminta

Juotettu levylämmönsiirrin on käytännön toiminnaltaan samanlainen kuin tiivisteellinen levylämmönsiirrin. Ainoastaan sen käyttökohteet ovat erilaiset. Se, että lämmönvaihtimessa ei ole tiivisteitä, mahdollistaa sen käytön kohteissa jossa lämpötila, paine ja aineen ominaisuudet voisivat vaurioittaa tiivisteellisiä rakenteita. Kovajuotettua levylämmönsiirrinta ei voi puhdistaa mekaanisesti, vaan ainoa tapa puhdistaa on kierrättämällä vettä lämmönsiirtimen läpi vastakkaiseen suuntaan kuin normaalisti tai kemiallisesti kierrättämällä puhdistukseen käytettävää ainetta lämmönsiirtimen läpi. (Wang, Sundén, Manglik 2007 s. 19)

5.2 Valmistus ja rakenne

Kovajuotettu levylämmönsiirrin ei sisällä tiivisteitä, vaan siinä aallotetut levyt on kovajuotettu toisiinsa. Juotosmateriaali on yleisimmin kupari, mutta myös muita juotosmateriaaleja käytetään(Wang, Sundén, Manglik 2007). Juottamalla yhdistetyissä levyissä materiaalina on yleensä teräs. Levyistä juotetaan yhteen reunojen lisäksi myös lämmönsiirtimen sisällä olevat levyjen kontaktikohdat, eli kohdat joissa vastakkain olevien lämmönsiirtolevyjen pintakuvion aallonharjat ovat kosketuksissa toisiinsa. Tämä parantaa lämmönsiirtimen paineen- ja lämpötilan kestävyyttä(Pääkkönen 2005 s. 19).

Valmistuksessa lämmönsiirtolevyjen pintakuvio on samanlainen sekä avattavissa lämmönsiirtimissä, että juotetuissa lämmönsiirtimissä. Juotetun lämmönsiirtimen jokaisen lämmönsiirtolevyn päälle tulee kuitenkin kuvion painohetkellä, tuotantovaiheessa jossa levyt myös leikataan haluttuun kokoon, itse lämmönsiirtolevyn kanssa täsmälleen samanmuotoinen ja kokoinen

kuparifolio. Tämän jälkeen lämmönsiirtolevyt pinotaan toistensa päälle siten, että joka toinen levy käännetään vaakatasossa 180° ennen pakkaan asettamista, jotta levyjen väliin muodostuu haluttu virtauskanava.

Juottaminen tapahtuu siten, että lämmönsiirtimen jokaisen levyn päälle tulee ennen levyjen päällekkäinlatomista ohut kuparista tai muusta juotosmateriaalista tehty levy. Nämä usein kupariset levyt sulavat juotosuunissa kiinnittäen lämmönsiirtolevyt tiukasti yhteen ja tiivistävät virtauskanavien reunat siten, että eri kanavissa virtaavat aineet eivät pääse sekoittumaan keskenään.

Kuitenkin juotoksen takia lämmönsiirrintä on mahdotonta purkaa tai lisätä levyjä nostamaan lämmönsiirtotehoa, kuten tiivisteeellisissä lämmönsiirtimissä. Kovajuotetut lämmönsiirtimet valmistetaan ja toimitetaan käyttökohteisiinsa tarkasti mitoitettuna tiettyyn käyttöön, eikä niitä jälkeenpäin pysty muokkaamaan. (Wang, Sundén, Manglik 2007, s 19)

5.3 Vikaantumismekanismit

Juotetun levylämmönsiirtimen vikaantumiseen vaikuttavat paine, lämpötila, värinä ja muunlainen mekaaninen rikko, sekä edellä mainituista johtuva ja niitä aiheuttava likaantuminen. (Pääkkönen 2005, s. 21 - 22)

6. LÄMPÖRIKKOPENKIN AUTOMATISOINTI

Lämpörikkopenkillä on tarkoitus saada aiheutettua vaurio lämmönsiirtimeen johtamalla siihen nopeassa tahdissa vuoron perään kuumaa ja kylmää vettä. Näin lämmönsiirtimeen aiheutetaan voimakasta lämpötilanvaihtelua, mikä ajan kanssa vaurioittaa lämmönsiirrintä. Lämpötilan vaihtelusta johtuva vaurioituminen vaatii usein pitkän ajan ja useita lämpötilan vaihtoja, joten lämpörikkopenkin mielekästä ja järkevää käyttöä varten sen toiminta automatisoidaan. Logiikkaan ohjelmoidaan ohjaussekvenssit, jotka jatkavat kuumen ja kylmän veden vaihtelua niin pitkään kunnes siirtimessä havaitaan vuoto. Rikkoutumiseen vaadittavien vaihtojen määrä tallennetaan muistiin.

6.1 Lämpörikkopenkin merkitys

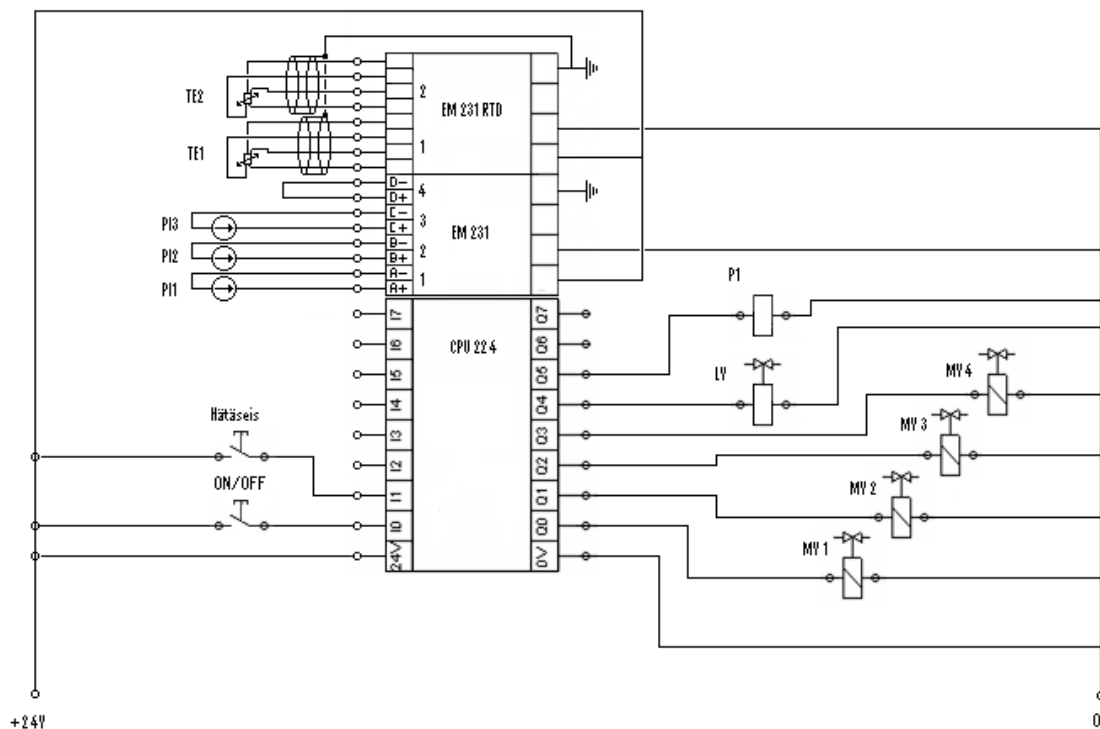
Lämpörikkopenkin ensisijainen tarkoitus on parantaa tuotteen, eli lämmönsiirtimeen laatua antamalla arvokasta tietoa lämmönsiirtimeen kestävydestä ja mahdollisista ongelmakohdista. Tuntemalla lämmönsiirtimeen kestävyys lämpötilanvaihteluissa, voidaan tuotetta kehittää edelleen kestävämmäksi tai todeta lämmönsiirrin riittävän kestäväksi ja jakaa tämä tieto myös laitteen käyttäjälle. Muuta vastaavaa tapaa lämmönsiirrinten lämpötilanvaihtelujen kestävyden mittaamiselle ei ole.

6.2 Järjestelmän rakenne

6.2.1 Logiikka

Järjestelmän logiikan keskusyksiköksi valittiin Siemensin S7-224. Sen integroitujen digitaalisten I/O:n määrä vastaa lämpörikkopenkin tarpeita ja sen laajennusmahdollisuus mahdollistaa analogiatulomoduulin liittämisen tarvittavia analogisia mittauksia varten. Lisäksi sitä voidaan jatkossa laajentaa myös digitaalisen I/O:n osalta enemmänkin mikäli tarve vaatii. Analogiatulomoduulit ovat Siemensin EM 231 sekä EM 231 RTD. Molemmat

sisältävät neljä tuloa. RTD-malli pystyy lukemaan suoraan vastusanturia, joten erillistä lähetintä ei tarvita. Tavallinen EM 231 lukee 4...20mA viestiä. Digitaalituloja on vain 2. I0.0 ja I0,1, ON/OFF –kytkin, sekä hätäseis -painike. Digitaalituloja, eli erillisiä kytkimiä korvaa ohjauspaneeli TD 200, jota käytetään myös mittausarvojen näyttöön ja asetusarvojen muuttamiseen. TD 200:ssa on 8 ohjelmoitavaa kytkintä. Ohjauspaneeli kytkimineen käyttää logiikan V-muistialuetta siten, että painikkeiden tilat luetaan muistiin alkaen bitistä V57.0 eteenpäin. Itse paneelissa on vain neljä varsinaista kytkintä, mutta SHIFT-painikkeella kutakin voidaan käyttää muuttamaan kahden eri bitin tilaa.



Kuva 13. I/O kytkettynä logiikkaan. Alimpana itse logiikka, joka sisältää digitaalitulot ja -lähdet ja ylempänä analogiatulomoduulit EM 231 ja EM231RTD.

Taulukko 3. I/O lista järjestelmälle.

I/O Lista

Tulot	Digitaalitulo	Toiminta	
	I0.0	ON/OFF	
	I0.1	Hätäseis	
	I0.2		
	I0.3		
	I0.4		
	I0.5		
	I0.6		
	I0.7		
EM231 RTD	Analogiatulo	Toiminta	Anturi
	AI1	Lämpötilamittaus TE1	Pt-100
	AI2	Lämpötilamittaus TE2	Pt-100
	AI3		
	AI4		
EM231	AI5	Painelähetin vuodon havaitsemiseen	Signaali 4...20mA
	AI6	Painelähetin lämmönsiirtimen jälkeen	4...20mA
	AI7	Painelähetin lämminvesi	4...20mA
	AI8		
Lähdöt	Digitaalilähtö	Toiminta	
	Q0.0	MGV1	
	Q0.1	MGV2	
	Q0.2	MGV3	
	Q0.3	MGV4	
	Q0.4	Linjaventtiili(kierto)	
	Q0.5	Pumppu (On/Off)	
	Q0.6		
	Q0.7		
	Ei analogialähtöjä		

Logiikkaan ladattava ohjelma on ohjelmoitu Siemensin Simatic Step7 – ohjelmalla. Se sisältää pääohjelman (OB1), jonka alla toimivat itse sekvenssejä suorittavat ohjelman osat (FB). Molemmat sekvenssit ovat ohjelmassa omina kokonaisuuksinaan, mutta ne kutsutaan samasta

pääohjelmasta. OB1:ssä suoritetaan alkutoiminnot, kuten tulojen ja lähtöjen resetointi, kutsutaan joka kierroksella toistuvia analogiatulojen lukemiseen ja käsittelyyn tarkoitettuja rutiineja, sekä valvotaan ohjelmassa tapahtuvia häiriöitä sekä tarkistetaan joka kierroksella käynnissä pysymisen ehdot. OB1:ssä kutsutaan testaussekvenssiä suorittavat FB:t kun ehdot täyttyvät, eli kun operointipaneelista on painettu sekvenssin aloittavaa kytkintä.

6.2.2 Laitteisto

CPU – Siemens S-7 224 I/O: 14/10

Laajennukset – EM 231 Analogiotulomoduuli 4 tuloa 0...10V

– EM 231 RTD Analogiotulomoduuli 4 tuloa vastusantureille

Operointipaneeli – TD 200 ohjaukseen ja arvojen lukuun. Korvaa kytkimiä.

Taulukko 4. Hankittava laitteisto.

Siemens S7-200 sarjan CPU 224
 Analogiatulomoduli EM 231
 Analogiatulomoduli EM 231 RTD Pt-100
 antureille
 TD 200 operointi/tekstipaneeli

Anturit:

PT-100 anturi, 8 /100 mm elementti, RTI-400-DIN-100-B-8-0	2 kpl
PT-anturin suojaputki 100 mm	2 kpl
Paineanturi 0- 10 bar DLM 10A 4-20 mA	3 kpl

Muuta:

Kotelo FIBOX 560*380*180	
Johtokouru 1m	
riviliittimet	40 kpl
rivilittinpäädyt	2 kpl
DIN-kisko 0,5 m	2 kpl
painonapit kaapin oveen	4 kpl

Jännitelähde MeanWell 230VAC/24 VDC

(DR-12024 Kiskoasennus)

Verkkoliitin häiriösuodattimella

Automaattisulake DIN-kisko asennus

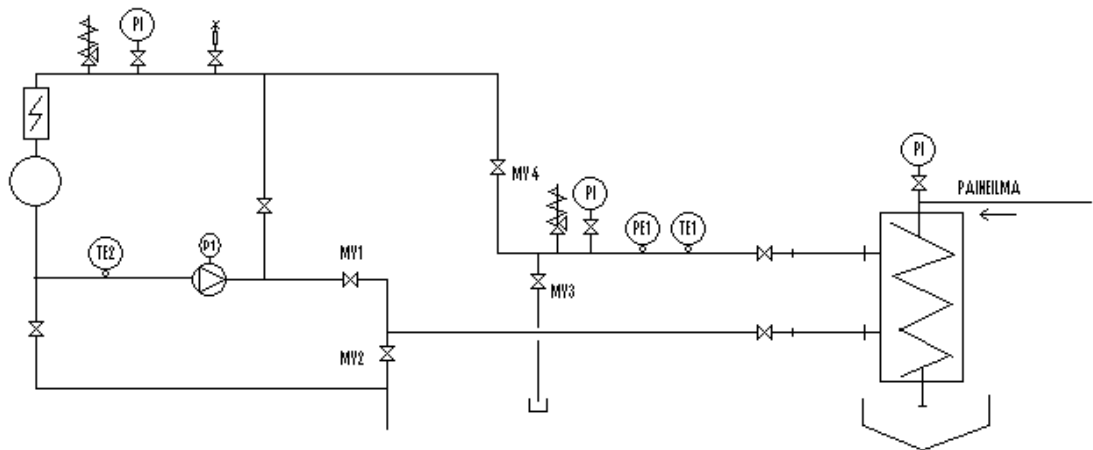
(Legrand Lexic DX-h)	2 kpl
-----------------------	-------

Väli rele magn.venttilien ohjaukseen

(Omron G2RV-SL700-24 V, kytk. 230 VAC 6A)	4 kpl
---	-------

6.2.3 Mittaukset

Lämpörikkopenkistä mitataan lämpötilaa ja painetta. Lämpötilamittauksia otetaan kaksi ja painemittauksia kolme. Toinen lämpötilamittaus on lämminvesisäiliön ja pumpun välillä tai lämminvesisäiliössä ja toinen sijoittuu lämmönsiirtimen jälkeen, putkeen ennen viemäriin johtavaa haaraa. Painemittauksista yksi mittaa lämmönsiirtimen kuivan puolen painetta, yksi märän puolen painetta ja kolmas kuuman veden kierron painetta.



Kuva 14. Lämpörikkopenkin PI-kaavio.

Lämminvesisäiliöstä otettava lämpötila (TE2) kertoo milloin vesi on riittävän lämmintä testausta varten. Itse testisekvenssin aikana sitä ei tarvita, mutta sen mittaama lämpötila voidaan lukea näytöltä. Toinen lämpötilamittaus (TE1), joka on lämmönsiirtimen jälkeisessä putkessa, mittaa lämmönsiirtimestä poistuvan veden lämpötilaa. Vertaamalla tätä lämpötilaa haluttuun lämpötilaan, voidaan mittauksen jälkeisten magneettiventtiilien avulla johtaa kuumaa vesipulssin aluksi linjassa oleva kylmä vesi viemäriin ja lämpötilan noustessa johtaa lämmin vesi takaisin lämminvesisäiliöön.

Lämpötilan mittaukset toteutetaan Pt-100 –antureilla. Käytettävään logiikkaan hankitaan analogiatulomoduuli EM 231 RTD, joka pystyy suoraan lukemaan vastusanturin antamaa signaalia, eikä erillistä lähetintä tarvita.

6.2.4 Vuodon havaitseminen

Lämmönsiirtimen vuodon havaitsemista varten tehdään vesikierron vastakkaiselle puolelle yhteet paineilmalle. Näin testissä lämmönsiirtimen kuivan puolen painetta voidaan nostaa. Ilmanpainetta mitataan ja mikäli se laskee enemmän kuin normaalisti, lämmönsiirtimessä mitä todennäköisimmin on vuoto.

Käytännössä mittaus toteutetaan siten, että 50 testikierroksen välein lämmönsiirtimen toinen puoli paineistetaan ja otetaan paineen arvo muistiin. Ennalta asetetun ajan jälkeen otetaan jälleen painemittauksen näyttämä ylös ja verrataan sitä edelliseen. Jos paine laskee enemmän kuin pelkkien putkistovuotojen aiheuttaman määrän, lämmönsiirtimessä on vuoto ja paine pääsee karkaamaan vesikierron puolelle. Ennen testipenkin käyttöönottoa pitää tiiviissä putkistossa tapahtuva paineen lasku testata ja testauksen perusteella voidaan määrittää, milloin kyse on normaalista vuodosta ja milloin lämmönsiirtimen rikkoutumisesta.

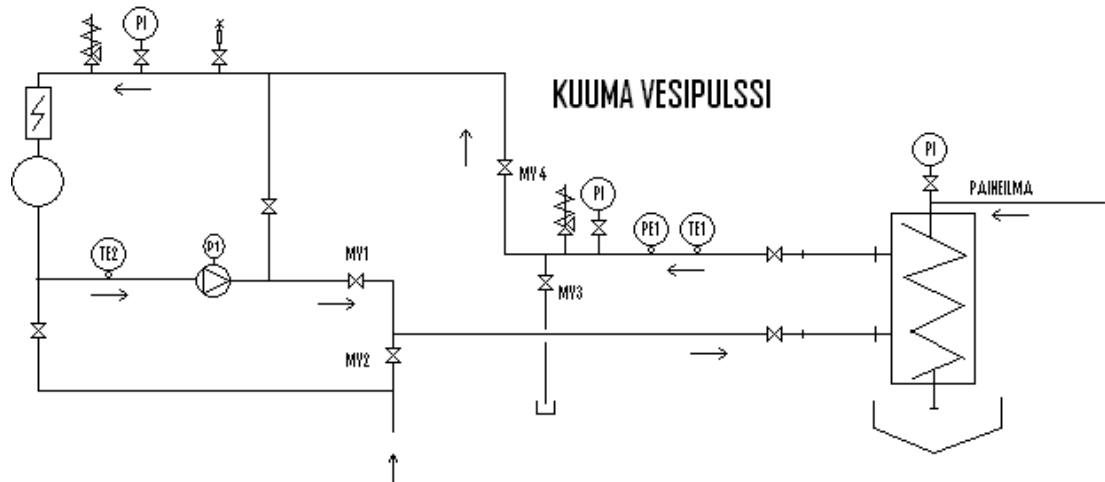
6.3 Lämpörikkopenkin toiminta

Lämpörikkopenkillä on tarkoitus testata voimakkaiden ja toistuvien läpivirtaavan nesteen lämpötilan vaihteluiden vaikutusta lämmönsiirtimeen. Jotta tällaiset olosuhteet saavutettaisiin, täytyy lämmönsiirtimeen voida johtaa nopein aikavälein kuumaa ja kylmää vettä. Koska vaurioita alkaa todennäköisemmin ilmenemään vasta pidemmän ajan kuluttua, pitää testauksen pystyä jatkumaan ilman välitöntä ulkopuolista ohjausta ja valvontaa pitkiäkin aikoja. Tästä syystä testipenkki automatisoidaan ohjelmoitavalla logiikalla, joka ohjelmoidaan suorittamaan haluttua testisekvenssiä.

Testaussekvenssejä on kaksi erilaista. Toinen toistaa kylmä- ja lämpöpulsseja ennalta asetetun ajan mukaan ja toinen mitatun lämpötilan perusteella. Muuten sekvenssit toimivat samalla tavalla. Lämpötilan mukaan tapahtuvassa testauksessa lämpöpulssi kestää niin kauan, että lämmönsiirtimestä poistuvan veden lämpötila nousee haluttuun arvoon, minkä jälkeen vaihdetaan kylmälle vedelle ja vastaavasti odotetaan, että lämmönsiirtimestä poistuvan veden lämpötila laskee haluttuun arvoon ja jatketaan jälleen kuumalla jne. Ajat ja lämpötilarajat joiden mukaan testaus tapahtuu, ovat muutettavissa kulloinkin vallitsevia vaatimuksia vastaaviksi.

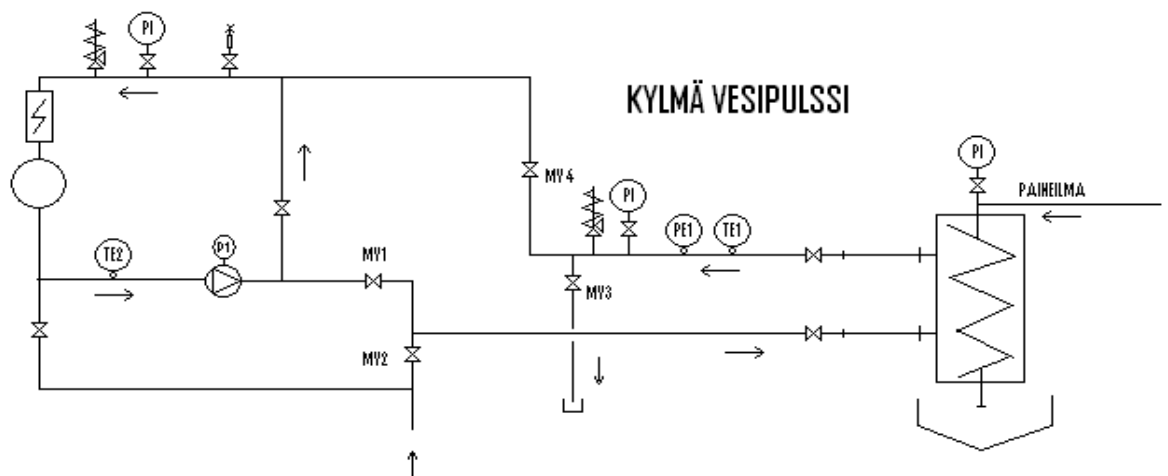
Kuuman vesipulssin aikana lämmönsiirtimeen johdetaan kuumaa vettä. Vesi kuumennetaan erillisessä lämminvesivaraajassa. Kuuma vesi pumpataan

kuvan 15 mukaisesti penkkiin kuuluvalla pumpulla P1 MV1:n läpi lämmönsiirtimeen ja se palaa MV4:n kautta takaisin lämminvesisäiliöön. Kuumen vesipulssin aikana kylmä vesi on suljettu testipenkistä MV2:lla ja kuuman veden kierrätys on suljettu.



Kuva 15. Kuumen vesipulssin aikana kuuma vesi kiertää lämminvesisäiliöltä lämmönsiirtimen kautta takaisin säiliölle.

Kylmän vesipulssin aikana kylmää vettä johdetaan kuvan 16 mukaisesti vesijohtoverkosta MV2:n läpi suoraan lämmönsiirtimeen. Heti lämmönsiirtimen jälkeen vesi johdetaan ulos testipenkistä MV3:n läpi. Kylmää vettä ei siis kierrätetä penkissä lainkaan. MV4 ja MV1 on suljettu ja kuumaa vettä kierrätetään lämminvesisäiliöllä.



Kuva 16. Kylmän vesipulssin aikana kylmä vesi päästetään lämmönsiirtimen läpi viemäriin ja kuumaa vettä kierrätetään lämminvesisäiliöllä.

Kun lämpörikkopenkkiä ei käytetä, voidaan putkisto tyhjentää venttiilin MV3 kautta viemäriin. Lämmönsiirrin kiinnitetään testipenkkiin letkuilla, ja se on eristettävissä PI-kaavioissa näkyvin käsiventtiilein. Myös lämminvesisäiliön täyttö tapahtuu kuvissa näkyvällä käsiventtiilillä.

7. POHDINTA

Työn tarkoitus oli suunnitella ja automatisoida levylämmönsiirrinten testauspenkki sekä tutkia pienautomaation mahdollisuuksia kyseisenlaisessa järjestelmässä. Tutkimus onnistui hienosti ja on päivänselvää, että suunnittelun tuloksena järjestelmälle valittu laitteisto logiikkoineen soveltuu tämän kaltaiseen pieneen automatisoituun järjestelmään parhaiten.

Itse testauspenkin automatisointi ja etenkin sen käytännön toteutus jäivät työssä toteuttamatta, mutta suunnittelussa päästiin niin pitkälle, että seuraava vaihe olisi ollut itse laitteiston asennus. Työssä saatiin valituksi kaikki testipenkin automaation vaatimat tarvikkeet ja laitteet sekä suunniteltiin yksityiskohtaisesti järjestelmän toiminta.

Levylämmönsiirrinten testauspenkki on tarpeellinen työkalu lämmönsiirrinten laaduntarkkailuun ja kehitykseen. Sillä päästään perille lämmönsiirrinten lämpötilanvaihtelun kestosta sekä saatetaan löytää ongelmakohtia lämmönsiirrinten suunnittelussa sekä tuotannossa kenties materiaalivalintojen suhteen tai löytämällä fyysisesti ongelmallisia, toistuvia vuotokohtia, jotka viittaisivat vikoihin tuotantoprosessissa. Levylämmönsiirrinten tulisi kestää voimakkaitakin lämpötilanvaihdoksia ja vakavien puutteiden kannattaa tulla ilmi tehtaalla testipenkissä, eikä asiakkaalla käyttökohteessa.

Allekirjoittaneelle työ antoi paljon tietoa levylämmönsiirtimistä sekä etenkin ohjelmoitavista logiikoista ja niillä toteutettavista automaatoratkaisuista.

LÄHTEET

Pääkkönen, T 2005

Diplomityö. Lämmönsiirron ja virtauksen mallinnus
levylämmönvaihtimessa.

[http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/
PINTA/fi/Dokumenttiarkisto/Viestinta_ja_aktivointi/Julkaisut/Diplo
mityotProGradutListyot/DI-tyx_Tiina_Pxkkxnen.pdf](http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/PINTA/fi/Dokumenttiarkisto/Viestinta_ja_aktivointi/Julkaisut/DiplomityotProGradutListyot/DI-tyx_Tiina_Pxkkxnen.pdf)

Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Lähetkangas, M., Sumujärvi, M. 2007

Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat.

WSOY Opintomateriaalit. Helsinki

Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry. 1991

Ohjelmoitava logiikka. Sähköurakoitsijaliiton koulutus ja
kustannus Oy.

Forssa.

Lieke Wang, Bengt Sundén, R. M. Manglik 2007

Plate heat exchangers: design, applications and performance.

WIT Press. Southampton, Iso-Britannia

Haslego, C 2008

Basics of industrial heat transfer, verkkodokumennti Luettu
22.9.2009

http://www.cheresources.com/heat_transfer_basics.shtml

Oy Danfoss Ab

Verkkodokumentti. Luettu 17.9.2009

http://www.danfoss.com/Finland/AboutUs/Our_Organisation/

Savonia-AMK, VYYT-hanke

Verkkodokumentti. Luettu 17.9.2009

<http://dmkk.savonia.fi/vyyt/index.php/lang-fi/taustaa>

Oy Tapiro Ab

Lämmönsiirtimet. Verkkodokumentti. Luettu 21.10.2009

<http://www.tapiro.fi/lammonsiirtimet.html#ls3>

Putkilohja

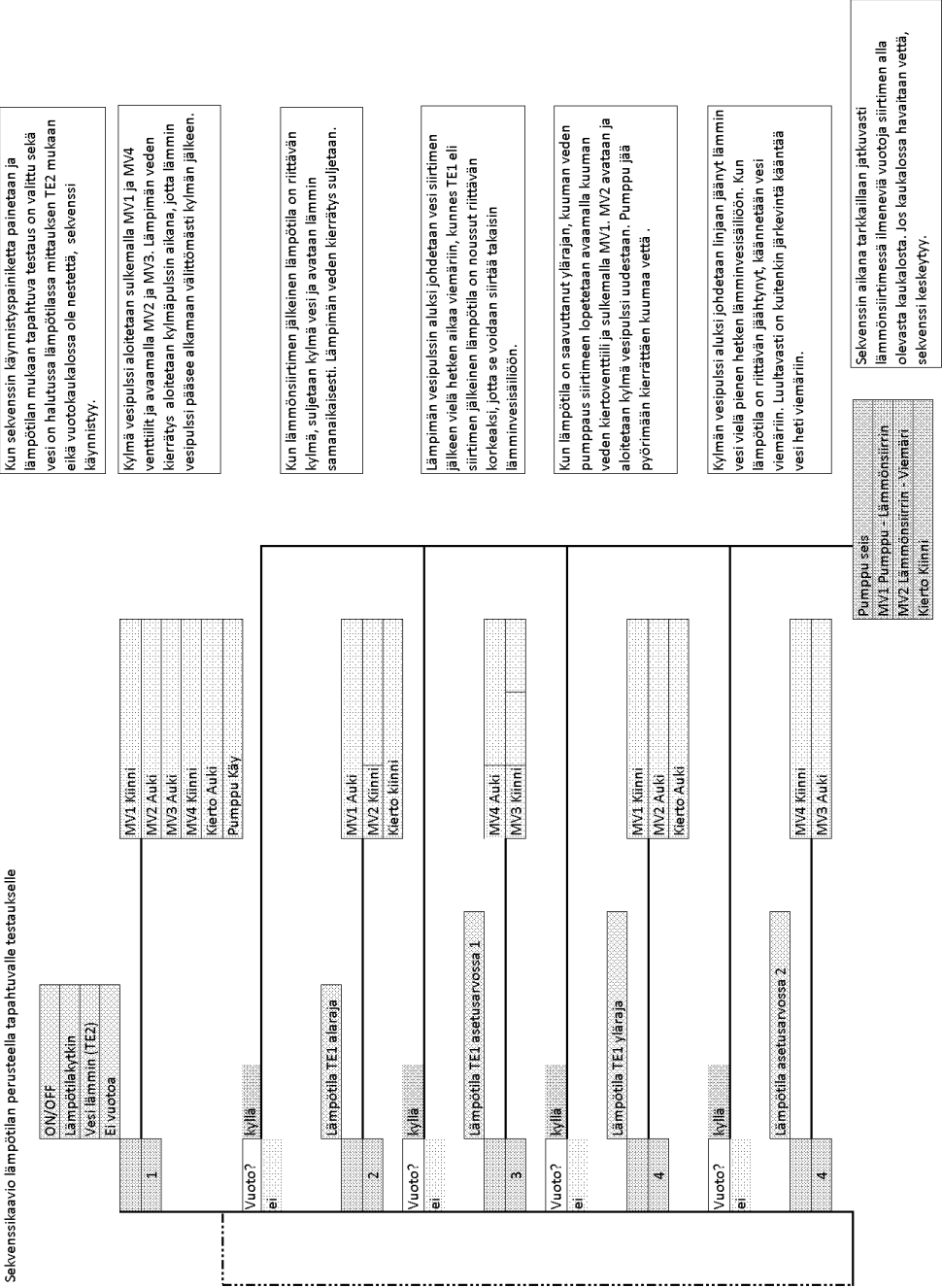
Verkkosivut. Luettu 7.12.2009

Ylikynnari, J. 2003

Oppimateriaali v.1.0.0 kurssiin TL6031 Automaatiojärjestelmät.

<http://www.tekniikka.oamk.fi/~timohei/TL603Z/aineisto/automaatiojarjestelmat.pdf>

Sekvenssikaavio lämpötilan perusteella tapahtuvalle testaukselle



Logiikka	hinta			
Siemens S7-200 sarjan CPU 224	n.500€			
Analogiatulomoduli EM 231	n.345€			
Analogiatulomoduli EM 231 RTD Pt-100 antureille	n.345€			
TD 400C operointi/tekstipaneeli	200-250€			
Anturit:				
PT-100 anturi, 8 /100 mm elementti, RTI-400-DIN-100-B-8-0	76,70 €	2 kpl	ELFA 76-701-02	
PT-anturin suojaputki 100 mm	28,60 €	2 kpl	ELFA54-702-01	
Paineanturi 0- 10 bar DLM 10A 4-20 mA	121 €	3 kpl	ELFA 54-542-69	
Muuta:				
Kotelo FIBOX 560*380*180	151 €		ELFA 50-560-16	
Johtokouru 1m	5 €			
riviliittimet	yht. 36 €	40 kpl	ELFA 48-283-23	
riviliittinpäädyt	yht. 2 €	2 kpl	ELFA 48-291-23	
DIN-kisko 0,5 m	yht. 10,00 €	2 kpl	ELFA 48-089-03	
painonapit kaapin oveen 4kpl	10 €	4 kpl	ELFA 35-351-20	
Jännitelähde MeanWell 230VAC/24 VDC				
(DR-12024 Kiskoasennus)	79,10 €		ELFA 69-770-78	
Verkkoliitin häiriösuodattimella	8,80 €		ELFA 69-667- 17	
Automaattisulake DIN-kisko asennus				
(Legrand Lexic DX-h)	yht. 22,20 €	2 kpl	ELFA 38-085- 36	
Välirele magn.venttillien ohjaukseen				
(Omron G2RV-SL700-24 V, kytk. 230 VAC 6A)	yht. 29,8	4 kpl	ELFA 36-901-22	
Johtimia, suojaeristeitä , läpivientejä ei lueteltu.				
Kokonaiskustannus noin	2 500 €			

